

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGÉTICO DE ALTERNATIVAS BIOCLIMÁTICAS DE MEJORAS EN TIPOLOGÍAS FONAVI

I. Blasco Lucas¹

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) - Av. Ignacio de La Roza y Meglioli - 5400 San Juan - Argentina
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 - Fax: +54(0)264 423 5397 - <http://www.irpha.com.ar>
E-mails: iblasco@faud.unsj.edu.ar iblasco_2000@yahoo.com

RESUMEN: En base a seis Casos de estudio de tipologías barriales localizadas en la ciudad de San Juan, Argentina, analizadas en investigaciones previas, se plantean posibles mejoras constructivas sencillas asociadas a combinaciones de estrategias bioclimáticas, obtenidas mediante el método de Givoni (programa ABC), coformando 18 alternativas. Su diseño adecuado para cada vivienda con su fachada orientada al Norte y al Este se realiza en forma sistemática usando AutoCad. Se evalúa el efecto de las mismas con índices calculados aplicando los procedimientos de las Normas IRAM a través de KG-MOD, herramienta elaborada en libro MS-Excel para tal fin. El análisis comparativo de los resultados se realiza conformando una Base de Datos relacionales programada en planillas electrónicas. Se cuantifica la Carga Térmica Anual de cada variante comprobando que aún las alternativas más simples permiten un aporte significativo, donde aquellas medidas que incluyen aislación térmica en los muros son las más eficaces.

Palabras claves: Comportamiento térmico-energético, evaluación, mejoras, alternativas bioclimáticas, tipologías FONAVI.

INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento térmico-energético de la vivienda individual destinada a familias de ingresos medios y bajos en distintas ciudades de Argentina ha sido abordado con diferentes enfoques y niveles de complejidad por numerosos grupos de investigación desde hace más de 30 años, sin perder actualidad como problemática. Entre ellos se pueden mencionar los trabajos realizados por Rosenfeld et al. (1986 y 1998), Czajkowski y Rosenfeld (1990), Esteves et al. (1992), Gonzalo et al. (2000), Verstraete y Vilapriño (2001), Mercado y Esteves (2004), de Schiller y Evans (2005), Filippín (2005), Czajkowski (2005), Czajkowski y Corredera (2006), Ibarra y Lesino (2007), Viegas et al. (2007), Arboit et al. (2008), Basso et al. (2008), Mitchel y Acosta (2009), San Juan et al. (2010).

El interés por llevar a cabo el presente trabajo surge debido a que extensas áreas del Gran San Juan están ocupadas por barrios construidos con operatorias FONAVI, en base a tipologías apareadas, localizadas en cualquier orientación sin adaptarlas siquiera mínimamente y con una baja calidad en materiales y terminaciones, buscando el menor nivel de costos en la inversión inicial. En investigaciones previas se llegó a un diagnóstico de la situación que demostró el grado de incidencia de los factores más importantes sobre el consumo energético en las viviendas (Blasco Lucas et al., 2004 y Blasco Lucas, 2006). Si bien existe un rango amplio de diferencias al cuantificar su influencia, estadísticamente permanece dentro de ciertos márgenes, definiendo patrones.

Por un lado, las circunstancias políticas y socio-económicas que condicionan al usuario, determinan el carácter de la demanda de confort que él hace a su morada, y por otro, las fluctuaciones climáticas le otorgan un cierto ritmo a la misma, pero en definitiva es el nivel de calidad de diseño y constructiva de la vivienda el que redundará en una mejor o peor satisfacción del bienestar de los usuarios y se traducirá respectivamente en un menor o mayor consumo energético. A pesar que todos son factores cambiantes en el tiempo, con intervalos y frecuencias diferentes, y que imponen a las viviendas inexorablemente sus requerimientos específicos, hay estrategias básicas que permiten dar respuestas razonables al menos desde lo biológico y desde lo climático, y son posibles de determinar científicamente con métodos apropiados.

CASOS DE ESTUDIO

El universo de análisis está conformado por un total de 3000 viviendas existentes en base a seis tipologías barriales apareadas, seleccionadas en distintas instancias por su representatividad en cuanto a la cantidad de micro-urbanizaciones similares. La Fig. 1 muestra la planta y fachada de los Casos de estudio y algunos de sus datos relevantes, correspondientes a las viviendas de tres dormitorios, las cuales constituyen el 80% de cada barrio. Los códigos significan CRa: CGT Rawson, CRi CGT Rivadavia, MBSJ: Mutual Banco San Juan, RiN: Rivadavia Norte, Ar: Aramburu, y Na: Natania.

El más antiguo es el Ar cuyo inicio de construcción data de 1983, le siguen RiN y MBSJ en 1991, CRa y CRi en 1993, y Na en 1995. Las coordenadas geográficas de su implantación son: latitud -31° 32', longitud -68° 31' y 620m de altura sobre el nivel del mar. Los índices dimensionales, morfológicos y térmicos que los caracterizan se muestran en las Tablas 1 y 2. Mientras que la mínima superficie corresponde al CRi y al CRa, la mayor se presenta en el Na.

¹ Miembro de ASADES. Investigadora Categoría I en el Programa Nacional de Incentivos. Directora del Proyecto PIC21A843 (CICITCA-UNSJ) y miembro del Grupo Responsable del PICT06-00956 (ANPCYT) en el marco de los cuales se realiza el presente trabajo.

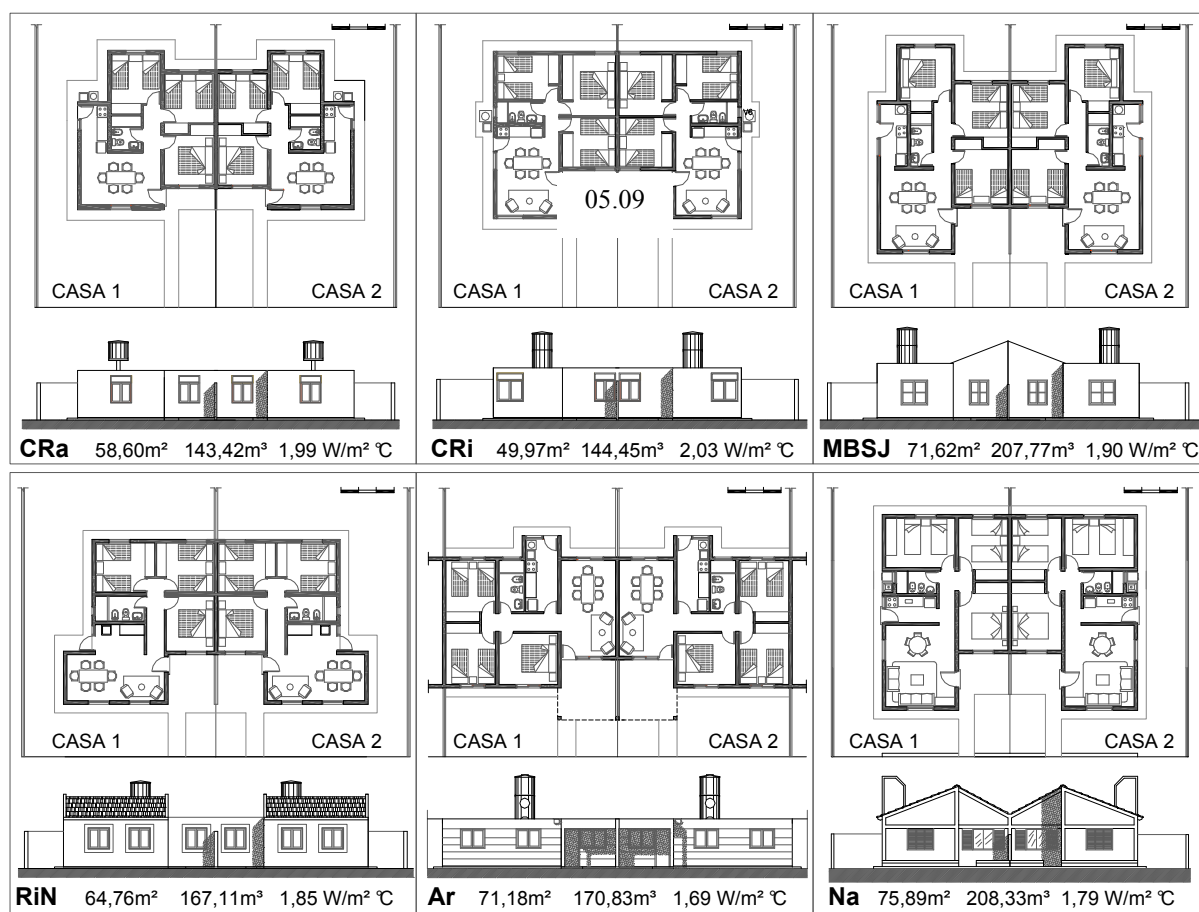


Fig. 1. Casos de Estudio: Planta, fachada y datos de superficie cubierta, volumen y Transmitancia Térmica Global.

Tipologías	FF1: Sup. Envolv/Vol. [m ⁻¹]	FF2: Sup. Envolv/Sup. Cub. [-]	%V: Sup. Vent. / Sup. Envolv. Vert. [m ⁻¹]	Sup. Cub. [m ²]	Vol. (m ³)	Vol. Masa Ext. [m ³]	Vol. Masa Int. [m ³]	Vol. Masa Total [m ³]	Vol. Masa Relativo [%]
CRa	0,87	2,13	9,88	58,60	143,42	16,63	16,78	33,41	23,29
CRi	0,85	2,46	10,02	49,97	144,45	16,24	14,07	30,31	20,98
MBSJ	0,81	2,35	9,91	71,62	207,77	21,97	19,14	41,11	19,79
RiN	0,90	2,33	9,44	64,76	167,11	22,59	12,28	34,87	20,87
Ar	0,75	1,80	18,99	71,18	170,83	15,67	19,36	35,03	20,51
Na	0,84	2,32	8,76	75,89	208,33	21,23	14,73	35,96	17,26

Tabla 1. Índices dimensionales y morfológicos de los Casos de Estudio.

Tipologías	Trasmitancia Térmica	Calefacción		Refrigeración			
	K Global [W/m ² °C]	Gcal (W/m ³ °C)	Gcal adm (W/m ³ °C)	Gr [W/m ³]	Gr adm [W/m ³]	Sr [W/m ²]	Sr adm [W/m ²]
CRa	1,99	2,34	2,00	44,64	28,47	109,26	54,00
CRi	2,03	2,33	2,09	44,97	28,36	129,98	53,82
MBSJ	1,90	2,17	2,00	38,98	24,43	113,07	48,43
RiN	1,85	2,24	1,80	42,55	26,74	109,81	51,64
Ar	1,69	1,91	2,09	40,83	26,52	97,99	51,38
Na	1,79	1,98	1,77	33,29	24,41	91,39	48,31

Tabla 2. Índices térmicos de los Casos de Estudio.

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS

A partir de datos climáticos de los años 1999 y 2006 aportados por el Instituto de Energía Eléctrica (IEE-FI-UNSJ) se aplicó el método de Givoni mediante el software ABC (2006), obteniendo los valores absolutos y relativos de horas anuales para las estrategias más apropiadas en la ciudad de San Juan, los cuales se muestran en la Tabla 3, donde el año 2006 resulta más moderado que 1999. Durante más de la mitad del tiempo se podría haber brindado confort edilicio sólo con medidas pasivas. Las medidas activas deberían haberse utilizado apenas alrededor del 10% del tiempo, y principalmente para calefaccionar.

ESTRATEGIAS	VALORES ABSOLUTOS [Hs.]		VALORES RELATIVOS [%]	
	1999	2006	1999	2006
Ninguna, por equilibrio natural	2540	2978	29	34
Pasivas de Invierno	3241	3416	37	39
Pasivas de Verano	1927	1402	22	16
Pasivas Totales Anuales	5168	4818	59	55
Activas Totales Anuales	1051	964	12	11

Tabla 3. Representatividad de las Estrategias de climatización pasivas y activas en ambos años (ABC).

Mediante el ABC (2006) se llega a determinar estrategias globales de climatización por período estacional y su eficacia a lo largo del año (Fig. 2). Dado que la estrategia de inercia térmica es útil tanto en invierno como en verano, sus valores se suman, pudiéndose apreciar que a través de calefacción solar e inercia térmica se habría cubierto el 44% de las necesidades de acondicionamiento en ambos años.

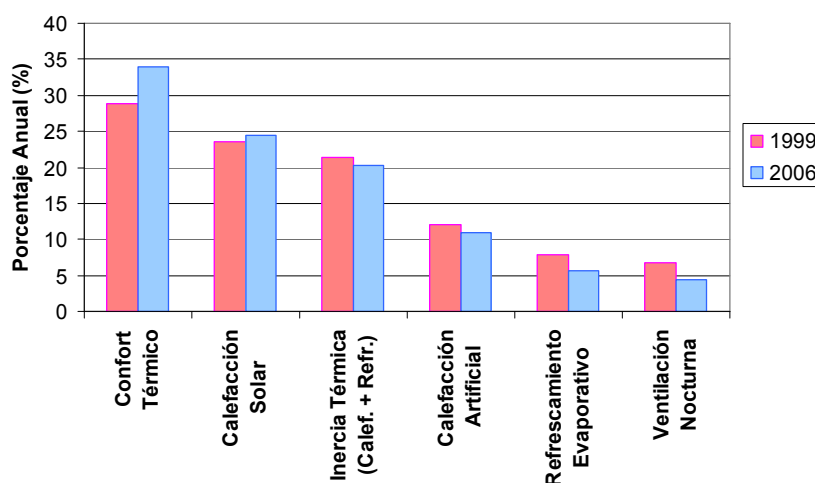


Fig. 2. Estrategias globales recomendadas para la ciudad de San Juan en función de datos climáticos de 1999 y 2006 (ABC).

Del amplio espectro de posibilidades existentes se seleccionaron diez estrategias específicas que responden a las globales recomendadas, en función de las características de las tipologías analizadas y de los modos de vida propios de la zona. Además, con criterios de economicidad, se buscó que la mayoría fuesen de uso anual y no solo estacional, como también que no significaran cambios sustanciales en las tipologías, para que pudiesen ser incorporadas en viviendas existentes. Considerando las mismas como sistema energético, las propuestas tienen relación principalmente con los subsistemas de captación (*) y conservación (#) en sus aspectos constructivos. Ellas son:

- ✓ Aislamiento Térmico de Techos (#)
- ✓ Aislamiento Térmico de Muros (#)
- ✓ Aislamiento Térmico de Ventanas con Burletes (#)
- ✓ Aislamiento Térmico de Ventanas con Persianas (#)
- ✓ Ganancia Solar y Ventilación por cambio de ubicación de Ventanas (*)
- ✓ Ganancia Solar y Ventilación por agregado de Ventanas (*)
- ✓ Ventilación mediante incorporación de tubos (*)
- ✓ Sombreado mediante pérgolas (*)
- ✓ Sombreado mediante aleros (*)
- ✓ Sombreado mediante vegetación (*)

La combinación de estrategias dio lugar a 18 alternativas posibles, según el nivel de inversión que se desee o se pueda realizar, la orientación de la vivienda y la tipología de la misma. La Tabla 4 muestra las alternativas codificadas y las posibilidades de aplicación en cada tipología barrial analizada. Los casilleros coloreados indican las estrategias que conforman cada alternativa y aquellas que son factibles en cada tipología.

Con excepción del Caso RiN, para el resto de las tipologías todas las alternativas contemplan la aislación térmica del techo, porque las mismas no cumplen con el K máximo admisible determinado según la Norma IRAM 11601, y se adopta una diferencia de color para este Caso. Como los barrios se componen por viviendas apareadas, las propuestas se plantean para cada par de ellas, ya sea con sus fachadas principales orientadas al Norte o al Este. Cada Caso fue resuelto individualmente para definir la materialidad apropiada y realizar el relevamiento de dimensiones lineales y superficiales, las cuales se utilizarían luego para cálculos térmico-energéticos. Especial cuidado se puso en la selección del tipo de códigos de representación y designación de elementos. A modo de ejemplo, se muestra en la Fig. 3 la alternativa E en el Caso RiN.

Alternativa	Orientación Vivienda	Estrategias Anuales						Estrategias de Verano				Tipologías						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CRa	CRi	MBSJ	RiN	Ar	Na	
		Conservación: Aislación Térmica de				Ganancia Solar y/o Ventilación		Ventilación	Sombras									
		Techo	Muros	Ventanas (Burletes)	Ventanas (Persianas)	Cambio Ubicación ventana	Agregar ventana	Tubos	Pérgolas	Aleros	Vegetación							
A	NS																	
B																		
C																		
D																		
E																		
F																		
G	EO																	
H																		
I																		
J																		
K																		
L																		
LL																		
M																		
N																		
O																		
P																		
Q																		

Tabla 4. alternativas seleccionadas y su aplicabilidad en cada tipología.

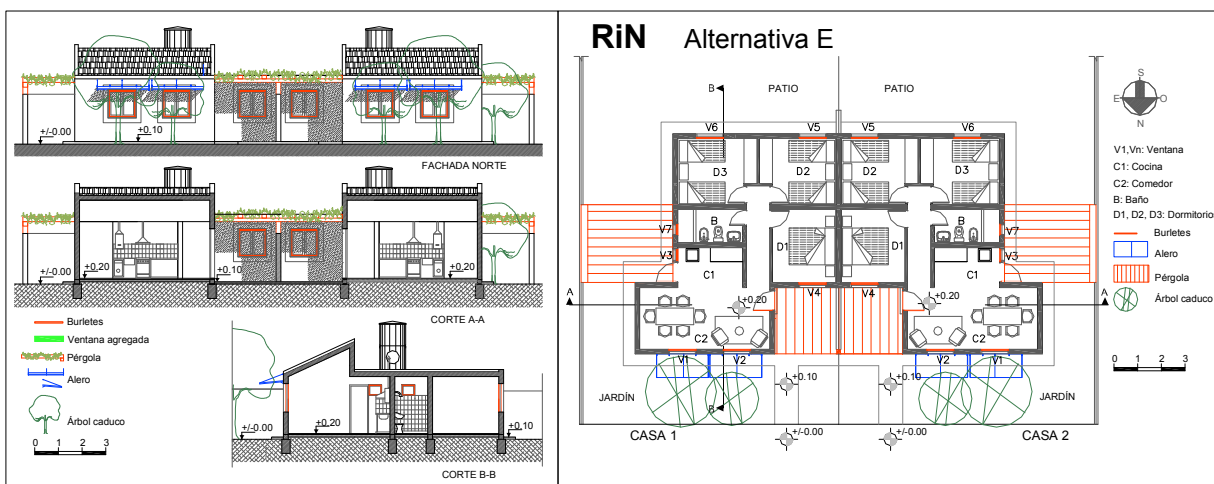
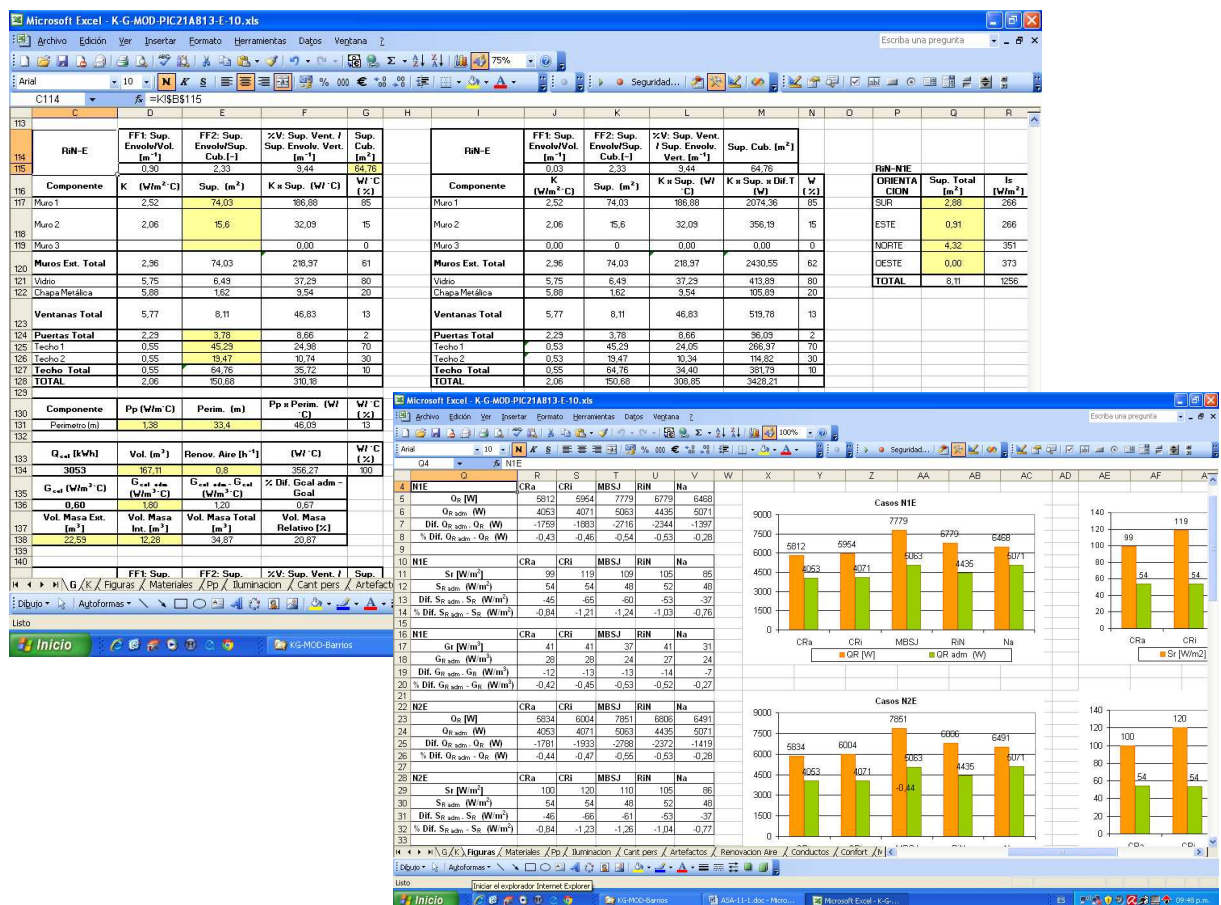
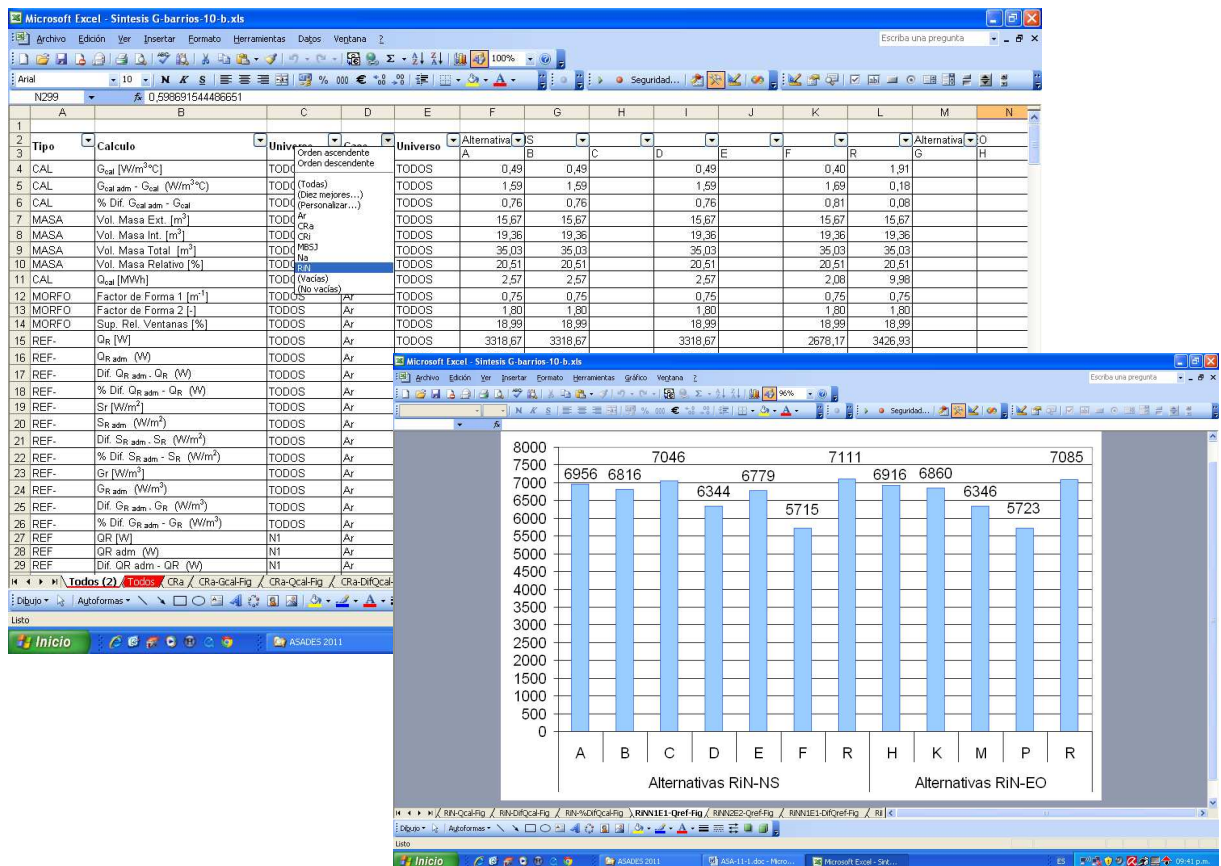


Fig. 3. Detalles de alternativa E en el Caso RiN.

METODOLOGÍA

El trabajo comprende gran cantidad de información y cálculos, por lo cual una vez definidas las alternativas mediante el procedimiento descrito en los puntos anteriores, se sistematizó la información en bases de datos (BD) soportadas en planillas electrónicas y se completó la herramienta informática KG-MOD (Blasco Lucas, 2005) programada en libro MS-Excel. Las BD se implementaron por un lado para registrar y calcular los datos dimensionales de cada alternativa y Caso y por otro, para ordenar y representar gráficamente los resultados obtenidos, utilizando funciones de filtrado. La Fig. 4 muestra una captura de pantalla de la tabla troncal de esta última, con la cual además de ejecutar las gráficas por índice para cada Caso, se realizan las correspondientes a todas las alternativas y Casos, algunas de las cuales son incluidas en el título siguiente. Esta BD contiene 180 hojas, 40 con datos alfanuméricos y 140 con gráficos. Se la designó “QGS-BD” (Blasco Lucas, 2010).

El programa KG-MOD sistematiza la aplicación simultánea para cada alternativa de los métodos recomendados en las Normas IRAM 11601 (2002), 11604 (2001), 11605 (1996), 11659-1 (2004), y 11659-2 (2007), e incluye a su vez las BD necesarias para ello. En total cuenta con 26 hojas, tres de las cuales están programadas para realizar las operaciones y las figuras, y el resto son tablas de datos que se vinculan a las de cálculo. Además de calcular los índices dimensionales y morfológicos, la Resistencia, el Retardo, la Amortiguación, los K por componente, el Qcal, el Gcal, el Q_R, el G_R, y el S_R, los compara en forma absoluta y relativa con los valores admisibles y produce las figuras respectivas. La Fig. 5 contiene una vista parcial de dos capturas de pantalla.



Carga Térmica de Calefacción

Para su determinación se consideró 1275°C para los GD, y tres renovaciones horarias como coeficiente de infiltración. La fórmula aplicada es (IRAM 11604, 2001):

$$Q_{cal} = (24 \cdot GD_{20} \cdot G_{cal} \cdot V) / 1000 \quad (1)$$

$$G_{cal} = ((\sum (K_i \cdot S_i)) + (P_p \cdot P)) / V \cdot (0.35 \cdot n) \quad (2)$$

Donde:

Q_{cal} = Carga Térmica de Calefacción [kWh]

G_{cal} = Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor [Wh/m³ °K]

24 = Horas diarias [h]

GD_{20} = Grados-Día de base 20°C [°K]

V = Volumen a calefaccionar [m³]

K_i = Transmitancia Térmica del componente i [Wh/m² °K]

S_i = Superficie del componente i [m²]

P_p = Coeficiente de pérdidas perimetrales [W/m]

P = Perímetro del edificio [m]

0.35 = Capacidad específica del aire [Wh/m³ °K]

n = Coeficiente de infiltración (Renovaciones horarias del aire interior) [h⁻¹]

Según los términos de las ecuaciones 1 y 2 se observa que no incluyen las ganancias por radiación solar a través de muros y aberturas, como tampoco efectos de sombreado o ventilación natural.

Carga Térmica de Refrigeración

La Carga Térmica de Refrigeración (Q_R) contempla efectos no considerados en el cálculo de Q_{cal} , por lo cual resultan dos valores no homogéneos en su definición como también en sus unidades, pues Q_R es potencia [kW] y Q_{cal} es energía [kWh]. La fórmula utilizada para su cálculo es (Normas IRAM 11659-1 y 11659-2):

$$Q_R = Q_c + Q_a + Q_s + Q_o \quad (3)$$

Donde:

Q_R = Carga Térmica Total de Refrigeración [kW]

Q_c = Carga Térmica por Conducción [kW]

Q_a = Carga Térmica por Ventilación [kW]

Q_s = Carga Térmica Solar [kW]

Q_o = Carga Térmica por Fuentes Internas [kW]

La Norma mencionada determina las ecuaciones de cálculo para cada término y provee tablas de datos específicos. Se definió una familia tipo y el uso estándar de electrodomésticos para aplicarlo en todas las alternativas analizadas, obteniendo de este modo un Q_o constante. Aquí se pudieron considerar las cuatro situaciones para cada tipología, según el lugar que ocupan en el par y la orientación de la fachada. A partir de Q_R se calculan los Coeficientes Volumétricos y Superficiales G_R y S_R que son índices más ajustados para comparaciones homogéneas.

Carga Térmica Anual

Las dos cargas calculadas con los procedimientos anteriores no son compatibles, pues la de calefacción es energía y la de refrigeración es potencia. Para convertir el Q_R de potencia a energía (Q_{RA} : kWh) es necesario estimar cuántas horas anuales demandan refrescamiento y multiplicarlas por la carga térmica de refrigeración (4). En base a los resultados obtenidos con el software ABC, se definió que un 15% de las horas del año requerirían refrigeración, alcanzando un total de 1314 hs.

$$Q_{RA} = Q_R \cdot 1314 \quad (4)$$

La Carga Térmica Anual (Q_{TA} : kWh) se obtiene entonces mediante la suma (5):

$$Q_{TA} = Q_{cal} + Q_{RA} \quad (5)$$

Dado que siguiendo el procedimiento de la Norma IRAM 11604 (2001) no se diferencia un Q_{cal} para diferentes posiciones de la vivienda ni orientaciones de la fachada, éste se toma fijo para las cuatro situaciones consideradas y se suma a cada una de las distintas Q_R calculadas, obteniendo de este modo la demanda energética teórica anual, para lograr confort interior a 20°C en invierno y a 24°C en verano.

RESULTADOS

Algunas variantes bioclimáticas tienen la misma Transmitancia Térmica (K), pues sus componentes constructivos son iguales, y el resto de las estrategias incorporadas no influyen sobre este coeficiente (burletes, cambio de ubicación o agregado de ventana, tubos, vegetación, pérgolas y aleros), sino sobre la carga de calefacción y de refrigeración. En la Tabla 5 a la izquierda, se indican las coincidencias, mostrando que cada tipología presenta sólo dos grupos de K . Con excepción de las viviendas RiN, la mayoría difiere de los valores K de la tipología sin modificar -que se toma de referencia y se la designa con la letra R- porque deben incorporar aislación térmica en los techos para alcanzar el $K_{max.adm}$ de nivel B.

Los tipos II de la Tabla 5, a excepción de la tipología RiN, difieren de los tipos I en que también tienen aislación térmica en los muros, además de en el techo. La Tabla 6 sintetiza los porcentajes de diferencia con el Kmax.adm. de los componentes constructivos en cada tipología barrial de referencia (R). Se resaltan con color rosa aquellos que se apartan de los Kmax Adm. en más del 200%, con verde claro los que resultan mejor, y con violeta los seleccionados para corregir en las propuestas, con el fin de contribuir eficientemente a la conservación energética preservando la inercia térmica, pues son los componentes con mayor superficie y volumen y por ello tienen fuerte incidencia en las cargas térmicas. La Tabla 5 (Der.) resume los efectos de las mejoras introducidas, donde se colorean con amarillo los Casos en que el K del componente prácticamente iguala al Kmax.adm. correspondiente, con celeste aquellos que lo mejoran hasta el 10%, con verdes aquellos que lo mejoran más del 10%, y con rosa los que aún tienen un mínimo déficit, que es menor al 2%.

Caso	Tipo	Alternativas con igual K
CRa	I	A, B, D, E, H, K y M
	II	F y P
CRi	I	A, B, D, E, G, J y LL
	II	F y O
MBSJ	I	A, B, D, E, H, K y M
	II	J, F y P
RiN	I	R, A, B, C, D, E, H, K y M
	II	F y P
Ar	I	A, B, D, I, L y N
	II	F y Q
Na	I	A, B, C, E, G, H, J y K
	II	F, O y P

Componente	CRa		CRi		MBSJ		RiN		Ar		Na	
	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
Muro Ladrillón	18,9	-1,3	18,9	-1,3	18,9	-1,3	18,9	-1,3	21,6	2,0	22,4	3,0
Muro Ladrillo Hueco											21,9	2,4
Muro Chapa	51,6	39,5	51,6	39,5								
Techo H. A.	-0,1	40,1	0,3	40,1	0,2	40,3			0,0	0,0	0,5	40,5
Techo Teja											8,7	45,5

Tabla 5. alternativas con igual K por Caso (Izquierda). Porcentaje de diferencia con el Kmax. Adm. de los componentes constructivos mejorados en cada tipología barrial (Derecha).

Componente	CRa		CRi		MBSJ		RiN		Ar		Na	
	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
Muro Ladrillón	-101,9	-152,4	-101,9	-152,4	-101,9	-152,4	-101,9	-152,4	-86,3	-132,9	-81,8	-127,2
Muro Lindero	-64,6	-105,7	-64,6	-105,7	-64,6	-105,7	-64,6	-105,7	-54,0	-92,6	-52,8	-90,9
Muro Ladrillo Hueco											-84,5	-130,6
Muro Chapa	-370,5	-488,1	-370,5	-488,1								
Techo H. A.	-78,0	-9,5	-78,0	-9,5	-27,6	22,9	-10,6	33,5	-29,4	21,7	-27,2	23,2
Techo Teja											-129,6	-43,9
Total Piso	-279,1	-74,7	-279,1	-74,7	-464,9	-136,8	-279,1	-74,7	-279,1	-74,7	-464,9	-136,8
Puertas Madera Pino	-83,2	-103,2	-83,2	-103,2	-83,2	-129,0	-83,2	-129,0	-83,2	-129,0	-83,2	-129,0
Vidrio	-370,5	-488,1	-370,5	-488,1	-359,8	-474,7	-359,8	-474,7	-359,8	-474,7	-359,8	-474,7
Chapa Metálica	-370,6	-488,2	-370,6	-488,2	-370,5	-488,1	-370,5	-488,1	-370,5	-488,1	-370,5	-488,1

Tabla 6. Porcentaje de diferencia con el Kmax adm. de los componentes constructivos en cada Caso de referencia (R).

La Fig. 6 representa a la izquierda la Carga Térmica Anual de calefacción (Qcal: MWh) para el total de todas las tipologías, y a la derecha el porcentaje de variación que tienen las mismas respecto del valor admisible del Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor (Gcal: W/m³°C) correspondiente.

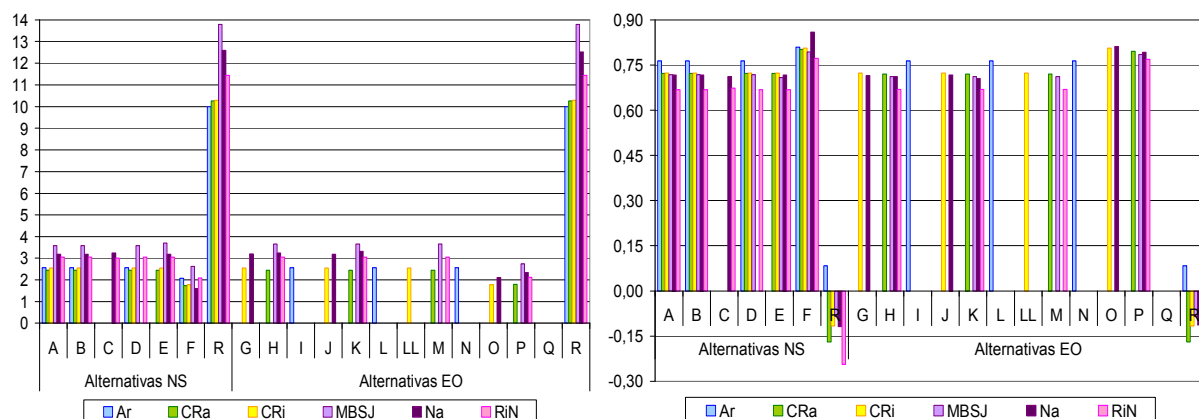


Fig. 6. Qcal por Caso y alternativa (Izq.). Variación relativa respecto al admisible (Gcal adm-Gcal)/Gcal adm (Der.).

Considerando R , el mayor Q_{cal} lo tiene el Caso MBSJ seguido de Na y RiN. Con excepción de Ar, el resto de los Casos en R superan el $G_{cal adm}$ entre un 14 y 25% (valores negativos). Las alternativas que reducen alrededor de un 75% el $G_{cal adm}$ son las F, O y P, mientras que las demás varían entre el 60% y el 70%. Contrariamente al Q_{cal} , en la Carga Térmica Total de Refrigeración (Q_R : W) se considera la influencia de las diferentes orientaciones, cuadruplicando las variantes posibles, por lo cual se separan los gráficos de alternativas en la Fig. 7 según estén con la fachada al Norte (Izquierda) o al Este (Derecha). En los mismos aparece cada una de las casas apareadas.

También aquí en R , los Casos MBSJ (1 y 2), Na y RiN tienen los mayores valores de Q_R , aunque con menores diferencias respecto al resto. Asimismo las alternativas con menor Q_R son la F, O y P, con excepción de MBSJ en este último, Caso que siempre presenta los más altos Q_R . Las variaciones son más visibles cuando se observan los valores relativos del Coeficiente Volumétrico de Refrigeración (G_R : W/m³) en la Fig. 8, y del Coeficiente Superficial de Refrigeración (S_R : W/m²) en la Fig. 9. Se comprueba que todos superan los admisibles, principalmente MBSJ y CRi en las alternativas E, A y B para orientación Norte, como también MBSJ en H, y K, y CRi en G y J para orientación Este. Na es el Caso que menos sobrepasa el admisible en la alternativa F (23%) y O (40%), reduciendo entre un 50% y un 67% el S_r de R .

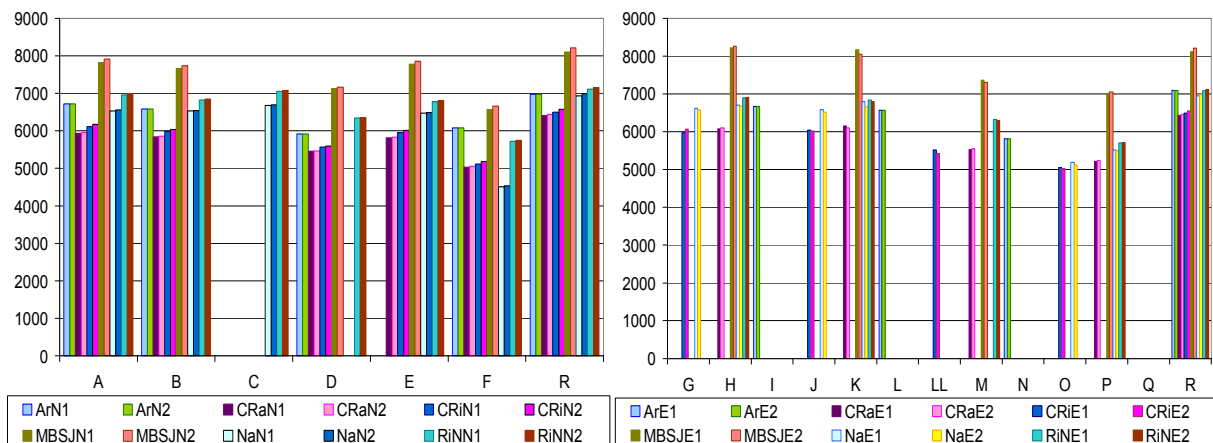


Fig. 7. Q_R por Caso y alternativa con orientación Norte (Izq.). Q_R por Caso y alternativa con orientación Este (Der.).

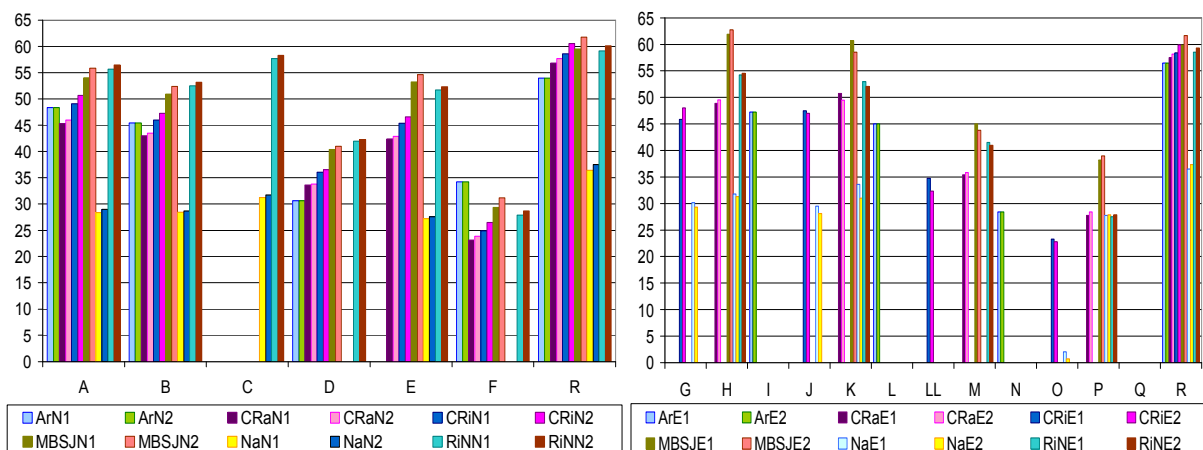


Fig. 8. Variación porcentual del G_r respecto al admisible: $(G_r - G_r adm) / G_r adm$.

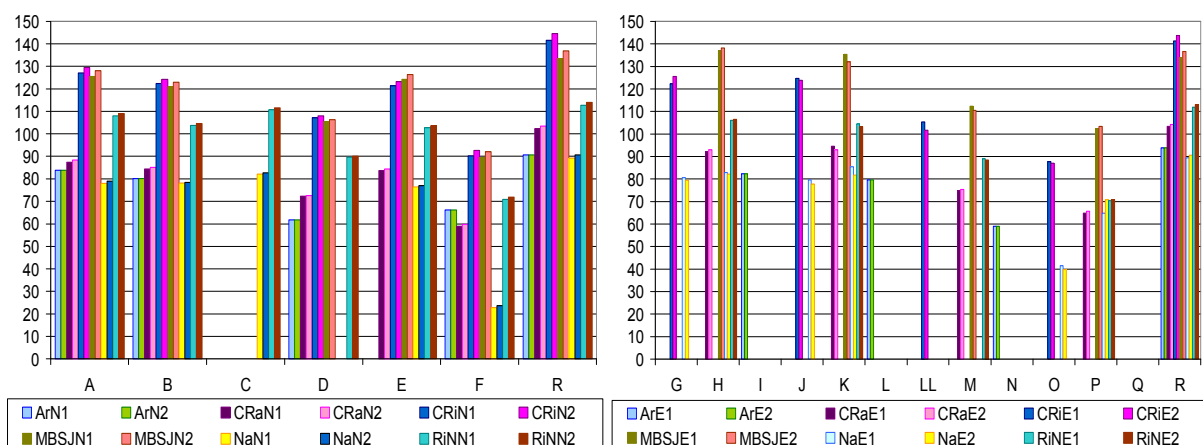


Fig. 9. Variación porcentual del S_r respecto al admisible: $(S_r - S_r adm) / S_r adm$.

La Fig. 10 muestra los valores de la Carga Térmica Anual (Q_{TA} : kWh) de cada alternativa para orientación Norte (Izq.) y Este (Der.), y la Fig. 11 su variación relativa respecto al Caso referencia R ($100 \cdot Q_{TA}R - Q_{TA}A_i / Q_{TA}R$), donde se aprecia que las estrategias aplicadas logran reducir $Q_{TA}R$ entre 40% y 65% en los Casos orientados al Norte y entre 32% y 55% en aquellos con fachadas al Este, correspondiendo las mayores disminuciones a las alternativas F, O y P, y a los Casos Na (N) y Ri (E).

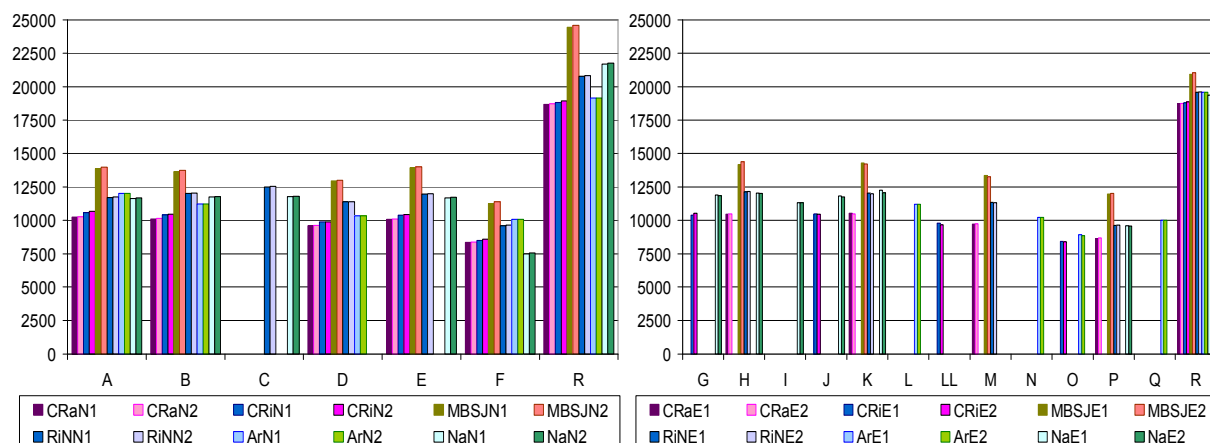


Fig. 10. Carga Térmica Total Anual (Q_{TA} : kWh) de cada alternativa para orientación Norte (Izq.) y Este (Der.).

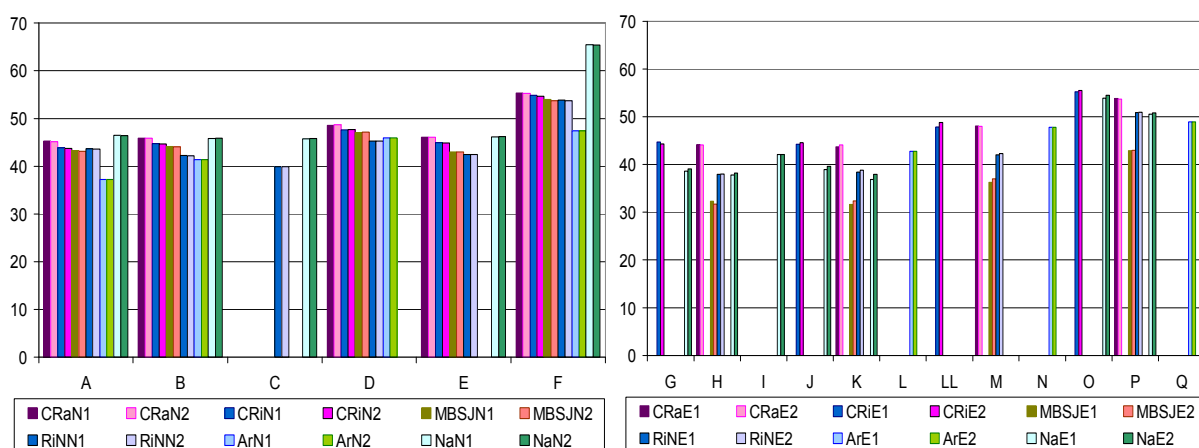


Fig. 11. Variación porcentual del Q_{TA} de las alternativas respecto al del Caso referencia R ($100 \cdot Q_{TA}R - Q_{TA}A_i / Q_{TA}R$).

CONCLUSIONES

Se ha comprobado las bondades del software ABC (2006), para llegar a conformar las alternativas y variantes propuestas, como también para definir el porcentaje de horas anuales para refrigeración, dato con el cual se determina la carga correspondiente en términos de energía, permitiendo sumarla a la de calefacción y obtener la carga total anual, aporte metodológico que se realiza en esta investigación. A partir de los lineamientos generales orientadores brindados por ABC, la definición de la materialidad de las estrategias y la selección del tipo de alternativa para cada tipología, demanda la creatividad, conocimiento y racionalidad del arquitecto involucrado, para adecuarlas a la realidad socio-económica y cultural de los destinatarios, al igual que a su implantación y diseño.

Las propuestas realizadas ejemplifican una amplia variedad de mejoras bioclimáticas sencillas posibles de introducir en las viviendas barriales analizadas, sin necesidad de cambiar sustancialmente la conformación tipológica, para no recurrir a costosas modificaciones. Fundamentalmente, son adaptaciones al clima, emplazamiento y orientación de cada una, particularidades que no fueron tenidas en cuenta al utilizar una misma tipología cualquiera fuesen aquellas. Los componentes constructivos de las viviendas originales se alejan significativamente del $K_{max.adm}$, y si bien con las propuestas se corrige el K de la mayoría que tiene una importante incidencia en el comportamiento térmico, aún las mejores alternativas superan todavía los valores admisibles de los índices de calefacción y refrigeración. Sin embargo, hasta las alternativas más simples inciden favorablemente sobre los mismos, lo cual se ha cuantificado con criterios homogéneos permitiendo comparaciones consistentes. La reducción mínima de la Carga Térmica Anual es del 30% y la máxima 65%. Las medidas que incluyen aislación térmica en los muros resultaron ser las más eficaces, pero a la vez, su implementación estará asociada a un costo mayor que el resto. Por ello, en otro artículo (Blasco Lucas, 2011) se utiliza el método microeconómico del ciclo de vida para evaluarlas, lo cual contribuirá a la toma de decisión de los usuarios, y de funcionarios que participan en políticas del hábitat.

El modelo KG-MOD, la QGS-BD y las planillas de datos edificios elaborados conforman herramientas apropiadas para el tipo de análisis comparativo abordado, pudiendo ser utilizadas para otros estudios de similares características. La aplicación simultánea de los métodos estacionarios estipulados por la normativa vigente ha permitido detectar donde radican las debilidades en los mismos, y visualizar las posibles soluciones, lo cual será motivo de futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- ABC 1.3 (2008). Software Architectural Bioclimatic Classification. Universidad de San Carlos, Estado de San Pablo, Brasil.
- Arboit M, Arena P, de Rosa C. (2008). Evaluación térmica y económica de componentes constructivos con tecnologías disponibles, en viviendas unifamiliares en la región de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 01.97-01.104.
- Blasco Lucas I., Hoesé L., Rosés R., Carestía C, Facchini M., Gómez W., Pontoriero D., Hidalgo E., Simón L., De La Torre M. (2004). Vivienda Clima y Energía: Diagnóstico y Propuestas en Casos de Estudio. FAUD-UNSJ. San Juan.
- Blasco Lucas I. (2005). KG-MOD. Modelo de cálculo de K y G. IRPha-FAUD-UNSJ.
- Blasco Lucas I. (2006). Potencial de Ahorro Energético en el Sector Residencial desde un Enfoque Bioclimático. FAUD-UNSJ. San Juan.
- Blasco Lucas I. (2011). Valoración microeconómica de alternativas bioclimáticas en viviendas existentes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 15.
- Basso M., Fernández Llano J., Mitchell J., Cortegoso J., de Rosa C. (2008). Evaluación termo-energética de alternativas tecnológicas en viviendas sociales un proyecto para la provincia de Mendoza – Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 05.137-05.144.
- Mitchell J., Acosta P. (2009). Evaluación comparativa de tipologías de viviendas sociales en la provincia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 05.161-05.168.
- Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1990). Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del Área Metropolitana de Buenos Aires. Actas 14° Reunión de Trabajo de ASADES. Mza.
- Czajkowski J. (2005). Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la Rep. Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, 01.39-01.44.
- Czajkowski J., Corredera C. (2006). Ahorro de energía en refrigeración de edificios para viviendas y propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 10, 07.09-07.16.
- De Schiller S. y Evans J. (2005). Proyecto demostrativo: vivienda solar de bajo consumo energético casa Fuentes-Lopez, Bariloche, Río Negro. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, 05-31- 05.36.
- Esteves A., Vertraete J., Vilapriño R. (1992). Evaluación Económica de Conservación de Energía y Estrategias de Diseño Bioclimático en Viviendas de Interés Social. CRICYT, Mendoza.
- Filippín C. (2005). Uso eficiente de la energía en edificios. Ediciones Amerindia, Santa Rosa, La Pampa.
- Gonzalo G., Ledesma S., Nota V. (2000). Habitabilidad en Edificios. Propuestas de Normas para Tucumán. 348 páginas. CEMA-UNT, Tucumán.
- Ibarra P., Lesino G. (2007). Barrio solar “FONAVI 15 viviendas”, 1985-2007 – Cachi, Provincia de Salta, Argentina. En *Los edificios en el futuro, estrategias bioclimáticas y sustentabilidad*, pp. 1-26. INETI-CYTED, Portugal.
- Martínez C., Gonzalo G. (2001). Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 5, 05.141-05.148.
- Mercado V., Esteves A. (2004). Arquitectura sustentable. Estudio térmico y técnico económico de la incorporación de aislamiento térmica. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 15, 45-52.
- IRAM 11601 (2002). Aislamiento de edificios. Métodos de cálculo. Tercera edición. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11603 (1996).. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11604 (2001). Aislamiento Térmico de Edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Segunda edición. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad. Incluye modificación N°1-2002. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11659-1 (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones y tablas de datos. Primera edición. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11659-2 (2007). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en Refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Primera edición. Instituto Argentino de Normalización.
- Rosenfeld E., Ravella O., Fabris A., Discoli C., Pasimanik G., Lozano S., Martínez S. y Czajkowski J. (1986). Plan piloto de evaluación energética en viviendas del área metropolitana. Actas 11° Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis.
- Rosenfeld E., Discoli C., Romero F., Ferreyro C., Pinedo A., Moreno J. (1998). Inteligencia – URE en edificios mediante el control integral de variables. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 2, 06.29-06.32.
- San Juan G., Discoli C., Viegas G., Ferreyro C., Rodríguez L. (2010). Proyecto de viviendas bioclimáticas de interés social. Tapalque, provincia de Buenos Aires. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 14, 05.81-05.88.
- Verstraete J., Vilapriño R. (2001). Evaluación Económica de Conservación de Energía y Estrategias de Diseño Bioclimático en Viviendas Sociales. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 5, 01.33-01.38.
- Viegas G., San Juan G., Discoli C. (2007). Comportamiento térmico-energético de tipologías representativas pertenecientes a mosaicos urbanos de la ciudad de La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, 01.41-01.48.

ABSTRACT: Based on six case studies of neighborhood dwelling's typologies located in the city of San Juan, Argentina, analyzed in previous research, it is proposed some simple constructive improvements associated to combinations of bioclimatic strategies obtained by the Givoni method (ABC Program), conforming 18 Alternatives. The appropriate design of them for each house with its front facing north and east is done systematically using AutoCad. The thermal effect that they produces is evaluated through indexes calculated using IRAM procedures by means of KG-MOD, tool made in MS-Excel workbook for this purpose. For a comparative analysis of results is developed a relational database programmed into spreadsheets. The Annual Heat Load corresponding to each variant is quantified, shown that even the simplest Alternatives allow a significant contribution, where those measures including thermal insulation in the walls are the most effective.

Keywords: Energy-thermal behavior, assessment, improvements, bioclimatic alternatives, FONAVI typologies